

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در بهبود وضعیت اکولوژیکی، با پیش‌بینی مدت زمان آبخوئی نمک‌ها، از طریق مدل‌های فیزیکی آزمایشگاهی

آناهیتا پلوس^{1*}، ابراهیم پذیرا²، مهرداد اسفندیاری²

تاریخ پذیرش: 90/10/3

تاریخ دریافت: 90/5/18

چکیده

پیش‌بینی مدت زمان لازم برای آبخوئی نمک‌ها از نیمرخ خاک‌های شور، به‌منظور رسیدن به شوری مناسب برای کشت، به‌عنوان یکی از عوامل اساسی تولید پایدار در مدیریت منابع طبیعی تلقی می‌گردد. تحقیق حاضر این هدف را در مقیاس کوچک، در محیط آزمایشگاه، از طریق مدل‌های فیزیکی، قبل از پیاده‌سازی در مقیاس وسیع و صرف وقت و هزینه بسیار بالا در مزرعه به اجرا رسانده است، برای رسیدن به این هدف، ابتدا نمونه‌های خاک از اعماق صفر تا 50 سانتی‌متری نیمرخ خاکی شور تهیه، سپس به آزمایشگاه منتقل شدند و به همان ترتیبی که از نیمرخ خاک برداشت شده بودند، درون سیلندرهای که به این منظور طراحی شده بودند قرار داده شدند. آبخوئی نمک‌ها انجام شد و زه‌آب‌های خروجی از انتهای سیلندرهای، در سری‌های زمانی ثابت، جمع‌آوری و مقدار هدایت الکتریکی (EC) در آنها اندازه‌گیری شد. در آخر شبکه عصبی مناسب طراحی و آموزش داده شد. نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، با خطایی کمتر از 0.0001 دقیقه قادر به پیش‌بینی زمان لازم برای آبخوئی نمک‌ها از نیمرخ خاک می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان با کمک پیش‌بینی انجام شده، نسبت به اعمال مدیریت صحیح در منطقه مورد بررسی و جلوگیری از آبخوئی بیش از اندازه یا کمتر از حد مورد نیاز که در نهایت منجر به وارد آمدن خسارت به منابع طبیعی و ملی می‌شود، اقدام نمود.

کلمات کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، خاک‌های شور، آبخوئی، مدل فیزیکی آزمایشگاهی، هدایت الکتریکی خاک (EC)، سیستم Feed forward back

1* دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

2. عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده میزان عملکرد محصول در واحد سطح، گرایش کیفیت منابع آب و خاک به شوری و به تبع آن انحطاط کیفی این منابع می‌باشد (1). این مساله یکی از چالش‌های مهم جهانی در طول قرن گذشته بوده است و توجه به آن همچنان در دستور کارهای مهم بین‌المللی قرن 21 می‌باشد (2).

بنا به آمار موجود، حدود یک میلیارد هکتار از اراضی جهان به‌طور طبیعی و حدود 77 میلیون هکتار از آنها در نتیجه فعالیت‌های بشر شور می‌باشند. بر همین اساس به‌طور متوسط 20 درصد از اراضی آبی جهان شور هستند، که در برخی کشورها نظیر مصر، ایران و آرژانتین این رقم به بیش از 30 درصد می‌رسد (3). بر اساس گزارش فائو و یونسکو، در حدود نیمی از اراضی آبی جهان تحت تاثیر شوری ثانویه هستند. در واقع، به‌رغم آگاهی عمومی نسبت به مسئله شوری و پیشرفت‌ها و تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، روند شور شدن خاک‌ها همچنان در برخی از نقاط جهان رو به افزایش می‌باشد (4، 5).

از آنجایی که سطح بسیار وسیعی از گستره کشورمان را اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد و توزیع زمانی ریزش‌های آسمانی نیز غیریکنواخت است و میانگین آن در کشور کمتر از یک سوم میانگین بارش‌های سالانه کره زمین است، و نیز با توجه به فزونی میزان تبخیر و تعرق بر بارندگی در کشور، تجمع نمک در خاک امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود، بنابراین معضل گرایش به شوری منابع فیزیکی تولید (آب و خاک) در بخش کشاورزی، در آینده‌ای نه‌چندان دور ممکن است ابعاد اقتصادی و اجتماعی زندگی را در جوامع کشاورزی و روستایی با تنگناهای ویژه‌ای روبه‌رو کند (6، 7).

بنابراین با توجه به رشد جمعیت، محدودیت در اراضی زراعی و آب شیرین، لزوم پیشگیری و مقابله با شوری امری ضروری تلقی شده و به همین منظور طی دهه‌های گذشته روش‌های مختلفی برای اصلاح خاک‌های شور رایج شده است (8، 9).

از آنجایی که خاک‌های شور از نقطه نظر خصوصیات با یکدیگر متفاوتند، بنابراین امکان ارائه یک توصیه عملی مشابه برای اصلاح انواع آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. برای اصلاح و به‌سازی خاک‌های شور، چاره‌ای جز آبشویی نیست (5، 10).

در بررسی‌های جاری و متداول با استفاده از مقادیر متفاوت آب آبشویی و تهیه نمونه‌های متعدد آب، خاک و زه‌آب، تغییرات مقدار نمک در فرایند آبشویی، مطالعه و بررسی شده است. اجرای این روش‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد و آزمون‌های مزرعه‌ای است (10، 11، 12).

بدین منظور آگاهی قبلی از چگونگی، میزان آبشویی و مدت زمان لازم تا رسیدن به شوری مطلوب امری ضروری است، از آنجایی که مطالعات مزرعه‌ای آبشویی، مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد است بنابراین استفاده از روابط و مدل‌های مبتنی بر نظریه آبشویی و انتقال نمک‌ها که بر اساس روابط ریاضی و تجربی بدست آمده‌اند مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. به همین دلیل در این تحقیق از مدل فیزیکی آزمایشگاهی استفاده شده است (13، 14، 15، 16).

همچنین اگر چه امروزه بحران مشکلات زیست محیطی می‌تواند توسط روش‌های عددی پیچیده سه بعدی مدل شود، با این حال کالیبره کردن و بررسی مدل‌ها نیازمند مشاهدات مزرعه‌ای و تلاش زیاد است. به همین دلیل، یک مدل تک بعدی ساده نظیر مدل سری زمان می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید برای ارزیابی سریع تغییرات زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد (15، 16، 17).

طی سال‌های گذشته، پیشرفت‌های محاسباتی توانسته سرعت نوآوری را افزایش داده و به این ترتیب موجب توسعه فن‌آوری‌های جدید گردد. به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی، در ارایه راه‌حل‌های متنوع برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند نیز یکی از پیشرفت‌های فوق محسوب می‌گردد (17).

شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته است. که به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان یکی از رایج‌ترین و ارزشمندترین روش‌های مدل‌سازی به‌منظور

حفر پروفیل استاندارد گردید. مطالعات صحرایی لازم برای شناسایی خاک‌ها انجام و سپس از اعماق صفر تا 10، 20-30، 30-40 و 40-50 سانتی‌متری نمونه‌برداری و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید.



شکل 1: عکس ماهواره‌ای منطقه کویر میقان

به منظور آنکه حداکثر شرایط طبیعی ممکن، در نظر گرفته شود، آب آبتوی از نزدیک‌ترین چاه به محل حفر پروفیل‌ها تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

آماده سازی نمونه‌های خاک و آب: در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌های خاک برداشت شده از اعماق مختلف پروفیل‌ها کوبیده، و پس از عبور از الک دو میلی‌متری به مدت 24 ساعت در هوای آزاد نگهداری شدند تا رطوبت آنها یکسان شود. در ضمن به هنگام آبتوئی، آب موجود در ظرف‌ها کاملاً به هم زده شد تا از رسوب ذرات معلق در کف آنها جلوگیری به عمل آید.

طراحی سیلندرها: سیلندرها با قطر 10/5 و ارتفاع 90 سانتی‌متر از جنس پلی‌کا تهیه گردید. در انتهای این سیلندرها لوله زهکشی قرار داده شد تا جمع‌آوری زه‌آب‌ها با دقت بیشتری صورت گیرد. در قسمت انتهایی زهکش‌ها شیری نصب گردید تا جریان خروجی را قطع و وصل نماید. درون سیلندرها کیسه‌ای از جنس پارچه کشی با ابعاد مشابه با ابعاد سیلندرها لیکن با ارتفاعی بیشتر نسبت به سیلندرها قرار داده شد. این کار به منظور خارج کردن خاک درون سیلندرها پس از انجام عمل آبتوئی صورت گرفت.

پیش‌بینی در محدوده وسیعی از علوم، نظیر امور مالی، تولید نیرو، پزشکی و علوم زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه آماری تحقیق حاضر نیز کارایی بسیار بالای شبکه عصبی در مدل را به اثبات رسانده است (18).

شهردار و همکاران به بررسی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عمق آبستگی پایه‌های پل، در مقایسه با سه مدل ریاضی معتبر ملویل و سادرلند، لارسن و توج پرداختند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های ریاضی موجود روش مناسب‌تری می‌باشد (19).

در تحقیقی که توسط فردی و همکاران به منظور پیش‌بینی شوری آب حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای (تلخه رود) واقع در شمال غرب ایران صورت گرفت، سعی شد تا با استفاده از داده‌های پایش شده ایستگاه هیدرومتری وزارت نیرو و روش شبکه عصبی مصنوعی، یک مدل پیش‌بینی‌کننده مناسب ایجاد شود. برای ایجاد یک مدل مناسب از شبکه عصبی مصنوعی دینامیکی از نوع بازگشتی (RNN) به نام ELMAN استفاده شد و در مدل مذکور داده‌های ورودی، دبی با تاخیر زمانی یک ماهه در نظر گرفته شد و این روش امکان تخمین TDS یک ماه بعد را با استفاده از دبی حال حاضر امکان‌پذیر ساخت (20).

درواقع بررسی‌ها نشان می‌دهد، روش موفق مدل‌سازی ANN توانسته، بر برخی از مشکلات مرتبط با روش‌های آماری سنتی غلبه کند (15).

در خصوص تحقیق حاضر، کار مشابهی تا کنون انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری خاک و آب: تحقیق حاضر در سری میقان، که یکی از شورترین سری‌های خاک ایران در استان مرکزیست، صورت گرفته است، شکل (1). برای انتخاب منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های خاکشناسی موجود در منطقه استفاده شد. برای نمونه‌برداری خاک ابتدا اقدام به

در این زمان جریان ورودی آب به درون سیلندر، قطع شد. شرایط اشباع به مدت 24 ساعت برقرار بود. این کار به منظور برقراری تعادل شیمیایی بین آب و خاک صورت گرفت. در این مدت به منظور جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک، درب سیلندرها توسط کیسه‌های پلاستیکی بسته شد. پس از گذشت 24 ساعت، شیر انتهایی بخش خروجی زهکش باز شد و اجازه داده شد تا آب ثقلی موجود در ستون خاک از سیلندرها خارج گردد. پس از قطع جریان، حجم آب ثقلی خارج شده از هر سیلندر که حجم منفذی ثقلی نامیده می‌شود، جمع‌آوری و حجم آن اندازه‌گیری شد. سپس دو حجم منفذی آب آبتشویی، به عنوان حجم آب لازم به منظور آبتشویی و اصلاح خاک‌های شور مناطق مورد آزمایش، در نظر گرفته شد. سپس بلافاصله عملیات آبتشویی آغاز شد. این کار به روش غرقاب دایم صورت گرفت. در ضمن بر روی سطح خاک هر سیلندر سه لایه توری قرار داده شد تا در اثر برخورد آب آبتشویی با سطح توری جریان آب به طور یکنواخت‌تر وارد خاک گردد.

در حین عمل آبتشویی در زمان‌های ثابت 160 دقیقه‌ای، زه‌آب خارج شده از درون هر سیلندر جمع‌آوری و سپس مقادیر EC، pH و SAR در آن‌ها اندازه‌گیری گردید. پس از آبتشویی، نمونه‌های خاک هر سیلندر به‌طور جداگانه از درون هر سیلندر خارج شد و پس از خشک شدن مقادیر EC، pH و SAR در اعماق مختلف خاک درون هر سیلندر اندازه‌گیری شد. این آزمایش در سه تکرار انجام شد.

طراحی شبکه: با توجه به نوع داده‌های مورد نیاز، در این تحقیق از شبکه Feed Forward back با دو لایه استفاده شد. شبکه‌های Feed Forward اغلب یک یا چند لایه مخفی از نرون‌های Sigmoid می‌باشند و از یک لایه پایانی خطی استفاده می‌کنند. شبکه‌های چند لایه از نرون‌ها، با یک تابع انتقال غیرخطی، به شبکه اجازه می‌دهد که توانایی یادگیری رابطه خطی و غیرخطی را بین ورودی‌ها و خروجی‌ها داشته باشد. لایه خروجی خطی به شبکه این

در شروع آزمایش ابتدا کیسه‌های پارچه‌ای در درون سیلندرها قرار داده شد. سپس مقداری سنگریزه تا ارتفاع پنج سانتی‌متر به منظور جلوگیری از بسته شدن لوله‌های زهکشی، در درون هر سیلندر قرار داده شد. در زیر و بالای این سنگریزه‌ها نیز دو لایه توری ریز و یک لایه کاغذ صافی قرار گرفت تا امکان هر نوع گرفتگی در لوله زهکشی مرتفع گردد. سپس نمونه‌های خاک به همان ترتیبی که از پروفیل خاک مزرعه برداشت شده بود، در درون سیلندرها قرار گرفت. بدین ترتیب اولین نمونه‌ای که در سیلندرها قرار گرفت مربوط به عمق 40-50 سانتی‌متری بود. از آنجائی که در پایان آزمایش، به منظور انجام تجزیه‌های لازم، نمونه‌ها می‌بایست به همان ترتیبی که در درون سیلندرها قرار داده شده بودند، خارج گردند، پس از قرار دادن هر عمق از خاک در درون سیلندر، یک لایه توری قرار داده شد تا به هنگام خارج کردن نمونه‌ها از درون سیلندر، عمق‌های مختلف با یکدیگر مخلوط نشوند.

البته قبل از شروع آزمایش تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز از قبیل بافت خاک، Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , SAR, EC, pH, و کربنات کلسیم بر روی هر عمق از خاک انجام شد. لازم به ذکر است، کلیه آزمایش‌ها بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور صورت گرفت. پس از قرار گرفتن هر عمق از خاک در درون سیلندرها، با وسیله پیستون مانندی چند ضربه به خاک وارد شده تا میزان کوبیدگی در عمق مورد نظر لحاظ شده باشد.

پس از قرار دادن نمونه‌های خاک در درون سیلندرها، خاک درون سیلندرها اشباع شد و برای آنکه کلیه منافذ خاک از آب اشباع گردد و هوایی در منافذ محبوس نگردد ورودی آب به خروجی زهکش‌ها متصل و اشباع خاک از قسمت پایین ستون خاک به سمت بالا صورت گرفت. برای اطمینان از برقراری شرایط اشباع در سطح خاک هر سیلندر یک عدد کاغذ صافی قرار داده شد که خیس شدن آن نشان‌دهنده برقراری شرایط اشباع در خاک بود.

Backpropagation تعیین می‌شود. محاسبه Backpropagation از قانون زنجیره‌ای در حساب دیفرانسیل مشتق می‌شود. الگوریتم Bp وزن‌ها را در جهت شیب منفی اصلاح می‌کند.

الگوریتم‌های مختلفی برای Backpropagation یا همان Bp وجود دارد. در این تحقیق به منظور کاهش محاسبات و افزایش دقت از الگوریتم Levenbery-Mmarqardt استفاده گردید. این روش سریع‌ترین روش پیاده‌سازی شده در نرم‌افزار MATLAB می‌باشد (22، 23، 5).

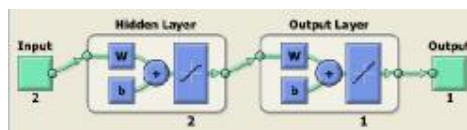
ماتریس ورودی شبکه، داده‌های مربوط به EC و ماتریس خروجی، داده‌های مربوط به زمان آبتوی در نظر گرفته شد که برای رسیدن به شوری دلخواه مورد نیاز می‌باشد. برنامه‌نویسی کامپیوتر با استفاده از نرم‌افزار مطلب و جعبه ابزار شبکه عصبی انجام شد (5، 15).

آموزش شبکه back Feed-Forward و بررسی صحت آن: در ابتدا میانگین EC زه‌آب‌های خروجی در زمان‌های ثابت 160 دقیقه‌ای از سه تکرار متفاوت، تعیین گردید تا داده‌ها معرف جامعه آماری باشند. سپس اعداد فوق به منظور آموزش و ارزیابی شبکه نرم‌الایز شدند (24). این کار از طریق تقسیم تک تک داده‌های مشاهده‌ای به بزرگترین داده مشاهده‌ای، از طریق معادله (1) صورت گرفت.

$$X_{\text{norm}} = \frac{X}{X_{\text{max}}} \quad (1)$$

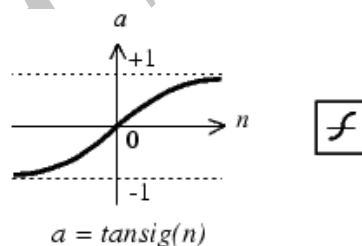
X_{norm} داده‌های نرم‌الایز شده، X داده‌های مشاهده شده و X_{max} بزرگترین داده مشاهده شده در بین کل داده‌ها می‌باشند. داده‌های نرم‌الایز شده، به منظور استفاده در مراحل آموزش، کالیبراسیون و اعتبارسنجی شبکه، به سه گروه تقسیم شدند و در هر مرحله یک سری از آنها مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که پروسه آموزش

امکان را می‌دهد که خروجی‌هایی خارج از محدوده +1 و -1 داشته باشد. (شکل 2).

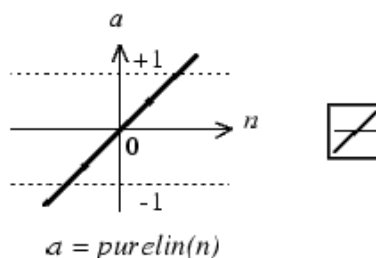


شکل 2: شکل شماتیک شبکه عصبی طراحی شده

در این تحقیق لایه اول (لایه مخفی) شامل دو نرون با تابع انتقال (Tan Sigmoid) و لایه دوم، شامل یک نرون با تابع انتقال خطی (Purelin) می‌باشد (شکل 4 و 3). در واقع این شبکه شامل یک لایه مخفی از نرون‌ها با تابع انتقال غیر خطی و یک لایه خروجی با تابع انتقال خطی است (9، 13، 21)



شکل 3: تابع انتقال Tan Sigmoid



شکل 4: تابع انتقال خطی

به منظور آموزش شبکه Feed Forward، الگوریتم‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تمامی این الگوریتم‌ها از شیب تابع کارایی برای تنظیم وزن‌ها و بایاس‌ها استفاده می‌کنند. این شیب با استفاده از تکنیکی به نام تحت تاثیر پارامترهای مختلفی از جمله هدف، تعداد

جدول 1: خواص فیزیک و شیمیایی خاک قبل از آبخوبی

SAR (meq/lit) ^{0.5}	pH	EC (ds/m)	آهک %	بافت خاک	عمق (cm)
49/2	8/1	40	38/7	Si-C	0-10
37/5	8/4	36	38/2	C-L	10-20
48/4	8/3	24	39/2	C	20-30
55/2	8/3	20	38/7	C	30-40
35/4	8/3	18	41/2	C	40-50

جدول 2: خواص شیمیایی خاک پس از آبخوبی

SAR (meq/lit) ^{0.5}	pH	EC (ds/m)	آهک %	عمق (cm)
29/9	6/9	9/8	34/5	0-10
28/2	7/1	11/1	34/7	10-20
28/5	7/3	10/0	35/0	20-30
30/3	8/3	10/3	38/8	30-40
30/9	7/7	10/7	41/8	40-50

خواص شیمیایی آب آبخوبی نیز در جدول 3 نشان داده شده است.

جدول 3: خواص شیمیایی آب آبخوبی

SAR (meq/lit) ^{0.5}	کلسیم+منیزیم (meq/lit)	سدیم (meq/lit)	pH	EC (ds/m)
12/97	17/4	68	7/9	7/3

نتایج حاصل از تجزیه‌های آزمایشگاهی نشان داد که شاخص‌های مرتبط با شوری خاک، پس از آبخوبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت.

همچنین میانگین مقادیر هدایت الکتریکی زه آب خروجی از سه سیلندر در زمان‌های ثابت 160 دقیقه‌ای، طی پروسه آبخوبی، همچنین مقادیر نرمالایز شده آنها در جدول 4 آورده شده است.

تکرارها¹ و بررسی اعتبار²، می‌باشد (7، 23)، در مرحله آموزش شبکه، پارامترهای مذکور طوری تنظیم شدند، تا انحراف معیار خطای موجود بین زمان پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی و زمان شاهد که از طریق مدل فیزیکی آزمایشگاهی به‌دست آمده بود، تا سطح قابل قبول، کاهش یافت (17، 24، 25).

پارامترهای آموزش شبکه به صورت زیر تعریف شدند: نرخ یادگیری = 0/1، تعداد تکرارها (epochs) = 300، هدف = 1e-5 و بررسی اعتبار (check validation) = هشت.

پایه و اساس معادلات رگرسیون و شبکه عصبی مشابه هستند، در هر دو مورد پس از آموزش رضایت‌بخش شبکه، پروسه آموزش متوقف می‌گردد و نیازی به تکرارهای اضافی نیست (4).

از آنجایی که عوامل متعددی نظیر تعداد لایه‌های پنهان، وزن‌ها و ارتباطات درونی تعیین کننده عملکرد و صحت دقت خروجی مدل می‌باشند، در این تحقیق، تست و ارزیابی اعتبار آموزش شبکه طراحی شده، از طریق دو سری دیگر داده‌ها که در حقیقت سری داده‌ایی مستقل از داده‌های ورودی بودند صورت گرفت (26، 27).

همانطور که در بالا ذکر شد، تعدادی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک قبل و بعد از آبخوبی اندازه‌گیری شدند که به‌طور خلاصه و به ترتیب در جداول 1 و 2 آورده شده است.

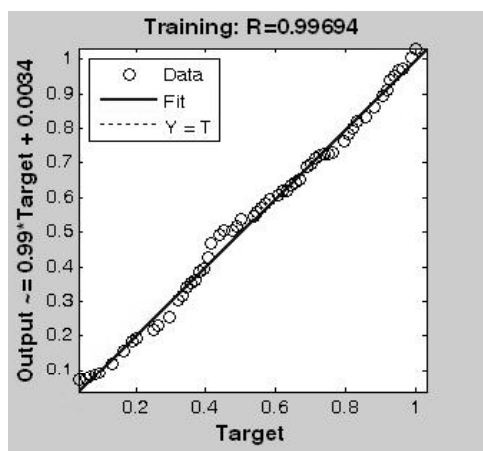
1. Epochs
2. Check Validation

جدول 4 داده‌های مربوط به میانگین هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در زمان‌های ثابت، از سه سیلندر و مقادیر نرمالایز شده آنها

هدایت الکتریکی نرمالایز شده	زمان نرمالایز شده	EC (ds/m)	زمان (دقیقه)	ردیف
1/00	0/013	49/34	170	1
0/88	0/025	41/30	330	2
0/87	0/036	91/29	490	3
0/86	0/048	70/29	650	4
0/84	0/060	87/28	810	5
0/82	0/072	31/28	970	6
0/76	0/084	26/31	1130	7
0/75	0/096	25/96	1290	8
0/74	0/108	25/45	1450	9
0/73	0/120	25/19	1610	10
0/67	0/132	23/06	1770	11
0/66	0/143	22/86	1930	12
0/66	0/155	22/61	2090	13
0/62	0/167	21/45	2250	14
0/62	0/179	21/31	2410	15
0/59	0/191	20/39	2570	16
0/58	0/203	19/93	2730	17
0/57	0/215	19/74	2890	18
0/57	0/227	19/69	3050	19
0/56	0/239	19/36	3210	20
0/56	0/251	19/29	3370	21
0/55	0/262	19/08	3530	22
0/55	0/274	18/95	3690	23
0/54	0/286	18/56	3850	24
0/53	0/298	18/42	4010	25
0/52	0/310	18/01	4170	26
0/51	0/322	17/54	4330	27
0/50	0/334	17/39	4490	28
0/49	0/346	16/90	4650	29
0/49	0/358	16/79	4810	30
0/48	0/370	16/62	4970	31
0/47	0/381	16/35	5130	32
0/47	0/393	16/21	5290	33
0/46	0/405	15/77	5450	34
0/44	0/417	15/30	5610	35
0/44	0/429	15/13	5770	36
0/44	0/441	15/02	5930	37
0/43	0/453	14/92	6090	38
0/43	0/465	14/87	6250	39
0/43	0/477	14/86	6410	40
0/43	0/488	14/76	6570	41
0/42	0/500	14/57	6730	42
0/42	0/512	14/55	6890	43
0/42	0/524	14/47	7050	44
0/42	0/536	14/44	7210	45
0/42	0/548	14/34	7370	46
0/41	0/560	14/21	7530	47
0/41	0/572	14/10	7690	48
0/41	0/584	14/00	7850	49
0/40	0/596	13/94	8010	50
0/40	0/607	13/85	8170	51
0/40	0/619	13/76	8330	52
0/40	0/631	13/76	8490	53
0/39	0/643	13/60	8650	54
0/39	0/655	13/52	8810	55
0/39	0/667	13/44	8970	56
0/38	0/679	13/28	9130	57
0/38	0/691	13/13	9290	58
0/38	0/703	13/05	9450	59
0/37	0/714	12/91	9610	60
0/37	0/726	12/85	9770	61
0/37	0/738	12/82	9930	62
0/37	0/750	12/82	10090	63
0/37	0/762	12/76	10250	64
0/37	0/774	12/65	10410	65
0/37	0/786	12/60	10570	66
0/36	0/798	12/50	10730	67
0/36	0/810	12/31	10890	68
0/35	0/822	12/18	11050	69
0/35	0/833	12/04	11210	70
0/35	0/845	11/96	11370	71
0/35	0/857	11/94	11530	72
0/34	0/869	11/85	11690	73
0/34	0/881	11/69	11850	74
0/34	0/893	11/55	12010	75
0/33	0/905	11/46	12170	76
0/33	0/917	11/28	12330	77
0/32	0/929	11/11	12490	78
0/32	0/941	10/92	12650	79
0/31	0/952	10/86	12810	80
0/31	0/964	11/00	12970	81
0/31	0/976	10/69	13130	82
0/30	0/988	10/49	13290	83
0/30	1/000	10/36	13450	84

استفاده قرار گرفت. ماتریس خروجی شبکه نیز داده‌های مربوط به زمان‌های نرمالایز شده متناظر، در نظر گرفته شد. نتایج پیش‌بینی‌های شبکه طراحی شده در طول مرحله آموزش، همواره با واقعیت مطابقت خوبی داشت به طوری که همبستگی آن بیش از 0/99 بود. (شکل 5)

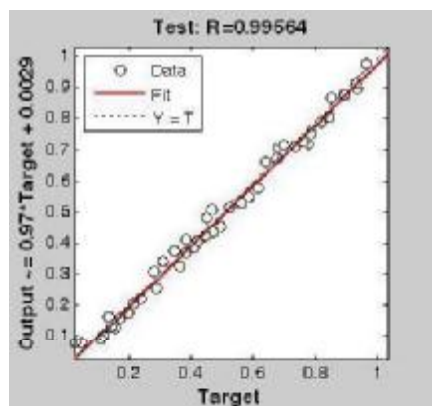
از بین داده‌های جدول 4، داده‌های نرمالایز شده هدایت الکتریکی مربوط به ردیف‌های یک، چهار، هفت، 10، 13، 16، 19، 22، 25، 28، 31، 34، 37، 40، 43، 46، 49، 52، 55، 58، 61، 64، 67، 70، 73، 76 و 79 به عنوان ماتریس ورودی برای آموزش شبکه مورد



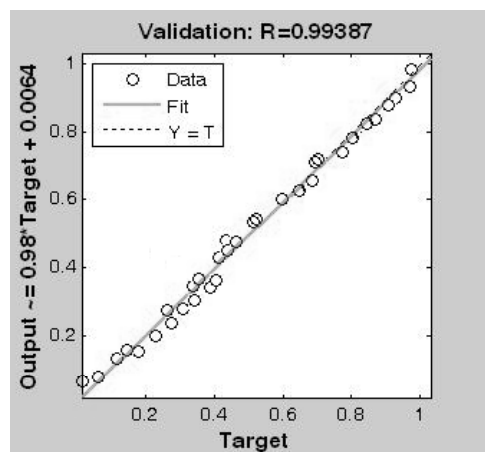
شکل 5: همبستگی بین داده‌های واقعی زمان و مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه در مرحله آموزش

آبشویی (13450)، مدت زمانی برابر 4654/5 دقیقه محاسبه شد. از مقایسه این عدد با داده ردیف 29 جدول 4 مشاهده می‌شود که شبکه طراحی شده، موفق به پیش‌بینی مدت زمان لازم برای رسیدن به شوری دلخواه با خطایی کمتر از 0.001 گردد. تجزیه تحلیل‌های آماری در مرحله تست بیش از 0/99 همبستگی بین مقادیر واقعی زمان و مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه را نشان داد (شکل 6)

پس از آموزش شبکه، تعدادی از داده‌های نرمالایز شده هدایت الکتریکی که در آموزش شبکه هیچ نقشی نداشتند برای تست شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. به‌عنوان مثال نتیجه تست شبکه از طریق داده مربوط به ردیف 29 جدول (4) در اینجا آورده شده است. زمانی که هدایت الکتریکی نرمالایز شده 0/49 به‌عنوان ورودی به سیستم داده شد، سیستم، مدت زمان نرمالایز شده 0/34606 را برای رسیدن به این حد از شوری در زه آب خروجی برآورد نمود. که از ضرب این عدد در حداکثر زمان



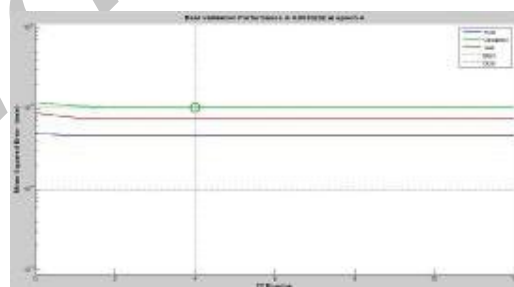
شکل 6: نمودار همبستگی بین داده‌های واقعی زمان و مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه در مرحله تست همچنین مقایسه نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی و نداشتند و برای ارزیابی اعتبار شبکه در نظر گرفته شده نتایج مربوط به سری داده‌هایی که در آموزش شبکه نقشی بودند، همبستگی بالایی را نشان داد (شکل 7).



شکل 7: مقایسه بین داده‌های حاصل از شبکه و داده‌های واقعی حاصل از مدل فیزیکی آزمایشگاهی که برای ارزیابی اعتبار شبکه در نظر گرفته شدند.

شکل 8 پروسه آموزش را برای دوازده epochs اولیه نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود مدل پس از چهار تکرار به‌طور کامل آموزش دید. در واقع، روند کاهش خطا برای چهار تکرار اول وجود داشت در حالی که برای سایر تکرارها بدون تغییر باقی ماند.

اگر چه در مرحله آموزش شبکه، در ابتدا، تعداد 300 تکرار در نظر گرفته شد، ولی فرایند آموزش در تکرار دوازدهم، توسط پارامتر ارزیابی اعتبار متوقف شد. در این زمان مقدار $\mu = 1e-005$ بود.



شکل 8: نتایج آموزش شبکه و اعتبارسنجی در طول دوره آموزش

ارقام به‌دست آمده حاصل از آموزش شبکه، نشان‌دهنده همبستگی بالا با ضریب $0/99$ و میزان خطای کمتر از $0/001$ دقیقه بین داده‌های اندازه‌گیری شده زمان در آزمایشگاه و زمان پیش‌بینی شده توسط شبکه می‌باشد.

بدین ترتیب می‌توان با کمک پیش‌بینی انجام شده، نسبت به اعمال مدیریت صحیح و جلوگیری از آبتشویی بیش از اندازه یا کمتر از حد مورد نیاز که در نهایت منجر به وارد آمدن خسارت به منابع طبیعی و ملی می‌شود اقدام نمود.

بحث و نتیجه‌گیری

به منظور تصمیم‌گیری صحیح، برای تولید بهینه محصول، آگاهی از میزان شوری خاک و مدت زمان آبتشویی برای اصلاح خاک تا رسیدن به شوری مطلوب برای کشت محصول خاص، برای مسئولین و کشاورزان امری ضروری است. در این تحقیق، علاوه بر ارائه مدل فیزیکی آزمایشگاهی، به منظور آبتشویی و اصلاح خاک شور، کاربرد شبکه عصبی در پیش‌بینی مدت زمان آبتشویی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی می‌تواند پیش‌بینی رضایت‌بخشی از مدت زمان آبتشویی با خطایی کمتر از 0.0001 دقیقه به منظور رسیدن به شوری دلخواه برای کشت محصول مورد نظر با توجه به میزان تحمل آن نسبت به شوری، ارائه دهد. روش پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان روشی مقرون به صرفه و آسان برای اصلاح زمین در مناطق شور در نظر گرفته شود.

با توجه به دانش و آگاهی موجود در زمینه میزان تحمل محصولات مختلف نسبت به شوری در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه EC_{fc} (شرایط مناسب برای کشت) و با توجه به معادله (2)، مقدار شوری خاک به‌منظور کشت محصولی خاص در شرایط رطوبتی اشباع (EC_e) قابل تخمین می‌باشد.

$$EC_{fc} = 2/5 EC_e \quad (2)$$

از طرفی با توجه به رابطه موجود بین مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) ، هدایت الکتریکی زه‌آب و هدایت الکتریکی آب آبتشویی (EC_{iw}) ، مقدار هدایت الکتریکی زه‌آب (EC_{dw}) قابل محاسبه خواهد بود معادله 28، 4، 3.

$$EC_e = (EC_{dw} + EC_{iw}) / 2 \quad (3)$$

$$EC_{dw} = 2EC_e - EC_{iw} \quad (4)$$

حال با ورود مقدار هدایت الکتریکی زه‌آب در شبکه عصبی، شبکه قادر به پیش‌بینی مدت زمان آبتشویی برای رسیدن به شوری مطلوب، با دقتی بسیار بالا خواهد بود. در واقع با آگاهی از میزان شوری آب آبتشویی و خاک منطقه، نوع محصول و شوری مناسب برای کشت آن در شرایط ظرفیت مزرعه و با توجه به قدرت پیش‌بینی شبکه عصبی، مدت زمان لازم برای آبتشویی خاک منطقه مورد مطالعه قابل پیش‌بینی خواهد بود.

منابع

1. Kuligowski RJ, Barros AP. Localized precipitation forecasts from a numerical weather prediction model using artificial neural networks. *Journal of Weather and Forecasting* 1998;(13): 1194-1204
2. Huang W, Foo F. Neural network modeling of salinity variation in Apalachicola River. *Journal of Water Research*. 2002;(36): 356-362
3. Land degradation in South Asia: it's severity, causes and effects upon the people. *World Soil Resources Reports: Rome, Italy: FAO*; 1994. Report No: 78
4. Dawson CW, Wilby R. An artificial neural network approach to rainfall-runoff modeling. *Hydrological Sciences Journal* 2007; 43 (1): 47-66
5. Szabolcs, I. The global problems of salt-affected soils. *Journal of Acta Agronomica hungarica* 1987;(36): 159-172.
6. معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی. ش 255. تهران: 1381. ص. 24-37
7. Pishkar, A. MSc: Analysis of relationship between soil salinity dynamics and geopedologic properties: a case study of Goorband area, Iran. *St. Enschede: ITC*; 2003,
8. بهزاد، مجید. آخوندعلی، علی محمد. "بررسی و ارائه معادله‌های تجربی شوری و سدیم‌زدایی خاک‌های شور در منطقه ملاثانی استان خوزستان". مجله علمی کشاورزی، جلد 25، ش 1، 1381. ص. 105-125
9. Leffelaar PA, Sharma P. Leaching of a highly saline-sodic soil. *Journal of Hydrology* 1977;(32)203-218
10. معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی. ش 359. تهران: 1385. ص. 35-50
11. خاکساری، وحید. چراغی، سید علی محمد. موسوی، سید علی اکبر. کامگار، علی اکبر. زندپارسا، شاهرخ. "بررسی اثرات آبشویی در کاهش شوری و سدیمی قسمتی از اراضی حاشیه کویر بجنستان". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 13، ش 6، 1385. ص. 47-56
12. رحیمی، حسین. احمدنژاد، حسن. "بررسی اثرات آبشویی در کاهش شوری و سدیمی قسمتی از اراضی حاشیه کویر بجنستان". مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ش 6، 1384. ص. 72-76
13. Ghassemi F, Jakeman AJ, Nix HA. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies: Work force and educational issues. Canberra, Australian National University, Wallingford, Oxon, UK: *CAB International*; 1995.
14. Metternicht GI, Zinck JA. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Journal of Remote Sensing of Environment* 2003; 58(pt1-2): 1-20,
15. Kuligowski RJ, Barros AP. Experiments in short-term precipitation forecasting using artificial neural networks. *Monthly Weather Review* 1998;(126): 470-482
16. Movagharnjad K, Nikzad M. Modeling of tomato drying using artificial neural network. *Computers and Electronics in Agriculture* 2007; 59(pt1-2): 85,
17. Rhoades JD. Soil salinity: causes and controls. *Techniques for Desert Reclamation*, Chichester, John Wiley 1990: 109-134
18. Patel RM, Prasher SO, God PK, Bassi R. Soil Salinity Prediction Using Artificial Neural Networks. *Journal Of The American Water Resources Association* 2002; 38 (1): 91-100
19. Bouksila F, Persson MS, Berndtsson R, Bahri A. Estimating Soil Salinity Over a Shallow Saline Water Table in Semiarid Tunisia. *The Open Hydrology Journal* 2010; 4 (1): 91-101
20. Charalambous C. Conjugate gradient algorithm for efficient training of artificial neural network. *IEEE Proceedings Journal* 1992; 139 (3): 301-310
21. Maier, HR, Dandy GC. Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modelling issues and applications. *Environmental Modelling & Software*. 2000;(15): 101-124
22. Farshad A, Zinck JA, Stoops G. Computer assisted image analysis to assess soil structure degradation: a case study of Iran. In: *IIRS, Dehra Dun, India Prociding of the Geoinformatics Beyond: an international conference on geoinformatics for natural resource assessment, monitoring and management*; 1999. p. 9-11,
23. Maier, HR, Dandy GC. Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modelling issues and applications. *Environmental Modelling & Software*. 2000;(15): 101-124
24. Corwin DL, Rhoades J.D, Simunek J. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models. *Journal of Agricul Water Manage* 2007; 90 (3): 165-180

25. Chon S, Cowan CFN, Grant PM. Orthogonal least squares learning algorithm for radial basis function network. *IEEE Transactions on Neural Networks Journal* 1991; 2 (2): 302-309

26. Eswaran H, Lal R, Reich PF. Land degradation: an overview. In Khon Kaen, Thailand. *Prociding of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification*; 2001

27. Hagan MT, Menhaj M. Training feedforward networks with the Marquart algorithm. *IEEE Transaction on Neural Networks Journal* 1994; 5 (6): 989-993

28. افیونی، مجید. مجتبی پور، رسول. نوربخش، فرشید.

گردآورندگان. خاک‌های شور و سدیمی (و اصلاح آنها).

اصفهان: ارکان، 1376. ص. 146-173

Archive of SID